علم المواد

التآكل

التآكل

5

التحولات الطورية للفلزات

الجدارة: التعرف على المفاهيم والتعريفات الخاصة بالتحولات الطورية للفلزات.

الأهداف: عندما يكتمل هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

- معرفة معنى التحولات الطورية.
- معرفة منحنيات تبريد الفلزات والسبائك.
- معرفة مخططات الاتزان الحراري.
- أنواع السبائك المختلفة.

مستوى الأداء المطلوب: يجب أن يصل الطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90%.

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات

1- مقدمة

الفلزات النقية عادة لينة جداً وضعيفة ولا تصلح للعديد من الاستعمالات التجارية. من جهة أخرى تكون الفلزات النقية في كثير من الحالات ذات مقاومة ضعيفة للعوامل الخارجية المحيطة، ونتيجة لهذا كله يتم خلط الفلزات مع بعضها البعض لتكوين أو تصنيع ما يسمى السبائك (Alloys). مثال على ذلك نجده في فلز الحديد النقي الذي يتميز بضعف لمقاومة التآكل، ولكن عند إضافة عنصر الكروم أو عنصر النيكل إليه تزيد مقومة للتآكل، كذلك نجد أن الحديد الصرف متدني القوة، ولكن إذا أذبنا فيه مثلاً 1% من الكربون حصلنا على سبيكة عالية المقاومة تسمى الصلب الكربوني.

ومصطلح السبائك تعبير قديم لخلط الفلزات النفيسة مع فلزات أقل في القيمة مثل إضافة النحاس للذهب أو للفضة، ويستعمل تعبير سبيكة لأي مزج لعنصرين أو أكثر بشرط أن يكون أحدهما على الأقل عنصراً معدنياً ذا خواص معدنية. وفيما عدا الفلزات ذات النقاوة العالية جداً، فإن معظم الفلزات التجارية هي في الحقيقة سبائك مكونة من عنصرين أو أكثر حيث تمثل الشوائب في هذه الحالة عناصر السبيكة، والشوائب في الفلز يمكن أن يكون مصدرها الخام نفسه أو أنها نفذت إلى الفلز أثناء عمليات الاستخلاص والتنقية.

إذا كان النظام السبائكي مكون من عنصرين يطلق عليه سبيكة ثنائية، أما إذا تكون من ثلاثة عناصر فيطلق عليه عندئذ سبيكة ثلاثية. يطلق على العنصر أعلى نسبة في تركيب السبيكة اسم أساس السبيكة وتسمى السبيكة باسمه، وتعرف العناصر الأخرى بالعناصر السبائكية المكونة لهذه السبيكة. تستعمل السبائك على نطاق واسع، نظراً لما تتمتع به من خواص مغرية مقارنة بالفلزات النقية.

2- مخططات التحولات الطورية المتزنة

حتى نتمكن من دراسة السبائك دراسة علمية سليمة، ترسم لها مخططات تسمى مخططات التحولات الطورية المتزنة أومخططات الاتزان الحراري التي تحدد درجات الحرارة التي تحدث عندها تغييرات في أطوارها وذلك عند النسب المختلفة للعناصر المكونة لها. يمثل تركيب الخليط (بالنسب المئوية) أفقياً ودرجة الحرارة عمودياً. لإنشاء مخططات التحولات الطورية المتزنة في المختبر، نستعمل طريقة رسم منحنيات التبريد للسبيكة عند تركيبات مختلفة للفلزات المكونة لها، ويتم تحديد نقاط بداية ونهاية التجمد لكل تركيبة، يتم بعدها تمثيل هذه النقاط في منحنى بياني الذي يعطينا شكلاً ممثلاً لجميع الحالات التي قد تظهر عليها السبيكة بخليط ما عند درجات الحرارة المختلفة. من هذه المخططات، يمكننا استنتاج معلومات ثرية منها:

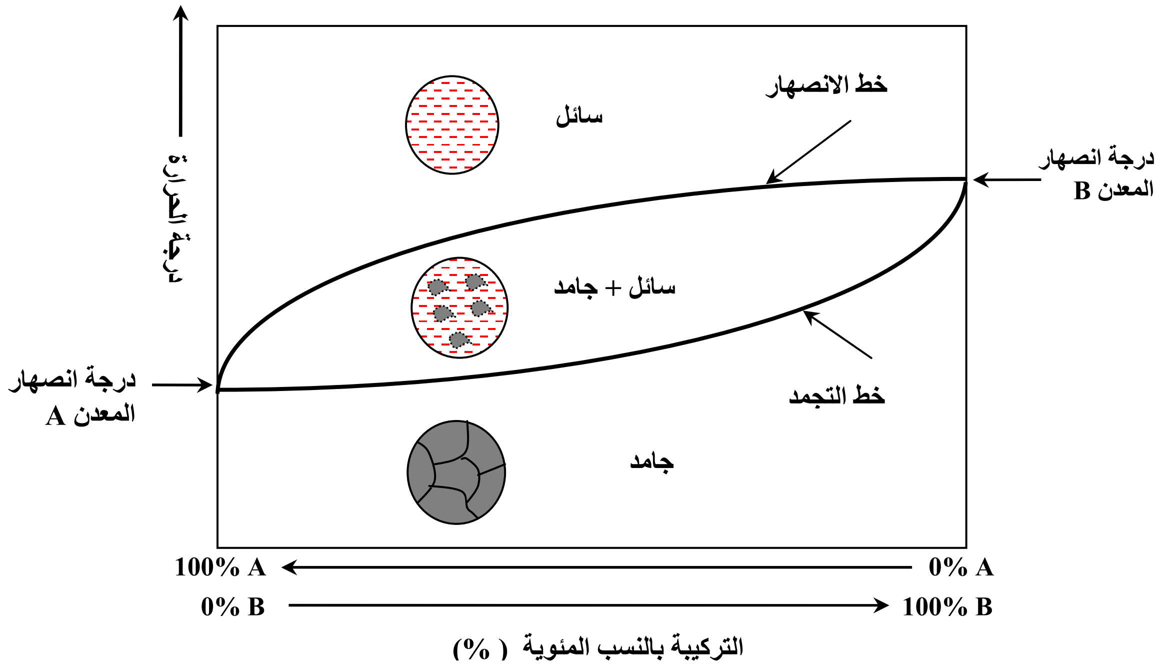
أ- العلاقة بين درجات الحرارة وتركيب السبيكة مع تبيان الأطوار المختلفة.

ب- التحديد بدقة لدرجات حرارة تحول الأطوار المتزنة المختلفة.

ج- تحديد نسب ذوبان عناصر السبيكة في بعضها البعض.

د- التعرف التام على التركيب الكيميائي وعدد الأطوار المتزنة المختلفة المكونة للسبيكة.

الشكل (1.5) يعطينا مثالاً توضيحياً لمخطط التحولات الطورية المتزنة لسبيكة ثنائية مكونة من معدنين A و B، حيث يمكننا قراءة ما يلي:



الشكل (1.5) مخطط الأطوار المتزنة لسبيكة مكونة من مادتين A و B

1- المحور الأفقي يمثل تركيب السبيكة أو نسب الخلط بالكتلة للمعدنين والمحور العمودي يمثل درجة الحرارة.

2- نسبة المعدن A على يسار الرسم هي 100% (معدن نقي A) وتقل كلما اتجهنا يميناً حتى تصل إلى 0%.

3- نسبة المعدن B على يسار الرسم هي 0% (معدن نقي B) وتزيد كلما اتجهنا يميناً حتى تصل 100 %.

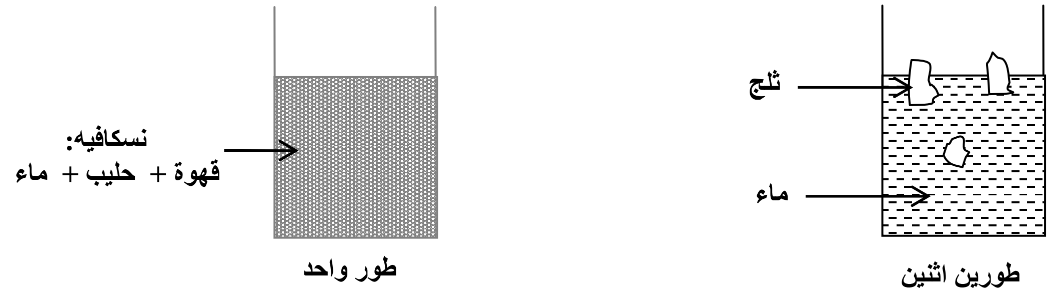
4- يسمى الخط العلوي بخط الانصهار، ويوجد فوقه طور واحد هو الطور السائل ومعنى ذلك أن كامل الخليط يوجد في حالة سائلة، والخط السفلي يسمى خط التجمد ويوجد تحته طور واحد هو الطور الجامد و معنى ذلك أن كامل الخليط في حالة جامدة.

5- بين خط الانصهار وخط التجمد، مساحة يوجد بها طوران اثنان هما الطور السائل والطور الجامد ومعنى ذلك أن الخليط هو مزيج يحتوي على نسبة من السائل ونسبة مكملة في حالة جامدة.

3- التجمد أو التبلور في الفلزات و السبائك

1-3 الطور

الطور هو جزء من المادة المتجانس، بمعنى أن له خواصه الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية المميزة. تكون المادة بصفة عامة مكونة من طور واحد أو عدة أطوار. مثال على ذلك موضح في الشكل (2.5): قطع من الثلج في وسط مائي، قبل الذوبان التام للثلج في الماء يعتبر المزيج عبارة عن طوران اثنان وذلك لأن الخواص الفيزيائية والكيميائية للثلج تختلف عن نظيراتها للماء.



الشكل (2.5): توضيح مفهوم الأطوار

على العكس من ذلك تماماً، إذا تم خلط كمية من الحليب وكمية من القهوة مع حجم من الماء فإننا نحصل على محلول واحد يسمى النيسكافيه، حيث أنه لا يمكننا أن نميز العناصر الثلاثة في هذه الحالة وبالتالي يعتبر النيسكافيه طوراً واحداً له خواصه المميزة.

2-3 أنواع التجمد أو التبلور في الفلزات و السبائك

الفلزات النقية وحسب درجات الحرارة، تكون في إحدى الحالات التالية: غازية أو سائلة أو صلبة. كل حالة من هذه الحالات التي يكون عليها الفلز النقي تعتبر طور بحد ذاته. إذا كانت لدينا سبيكة مكونة من خليط من مادتين نقيتين A وB في حالة منصهرة وتم إبعاد المصدر الحراري فإن التبلور أو التجمد يكون إما متجانساً أو غير متجانس.

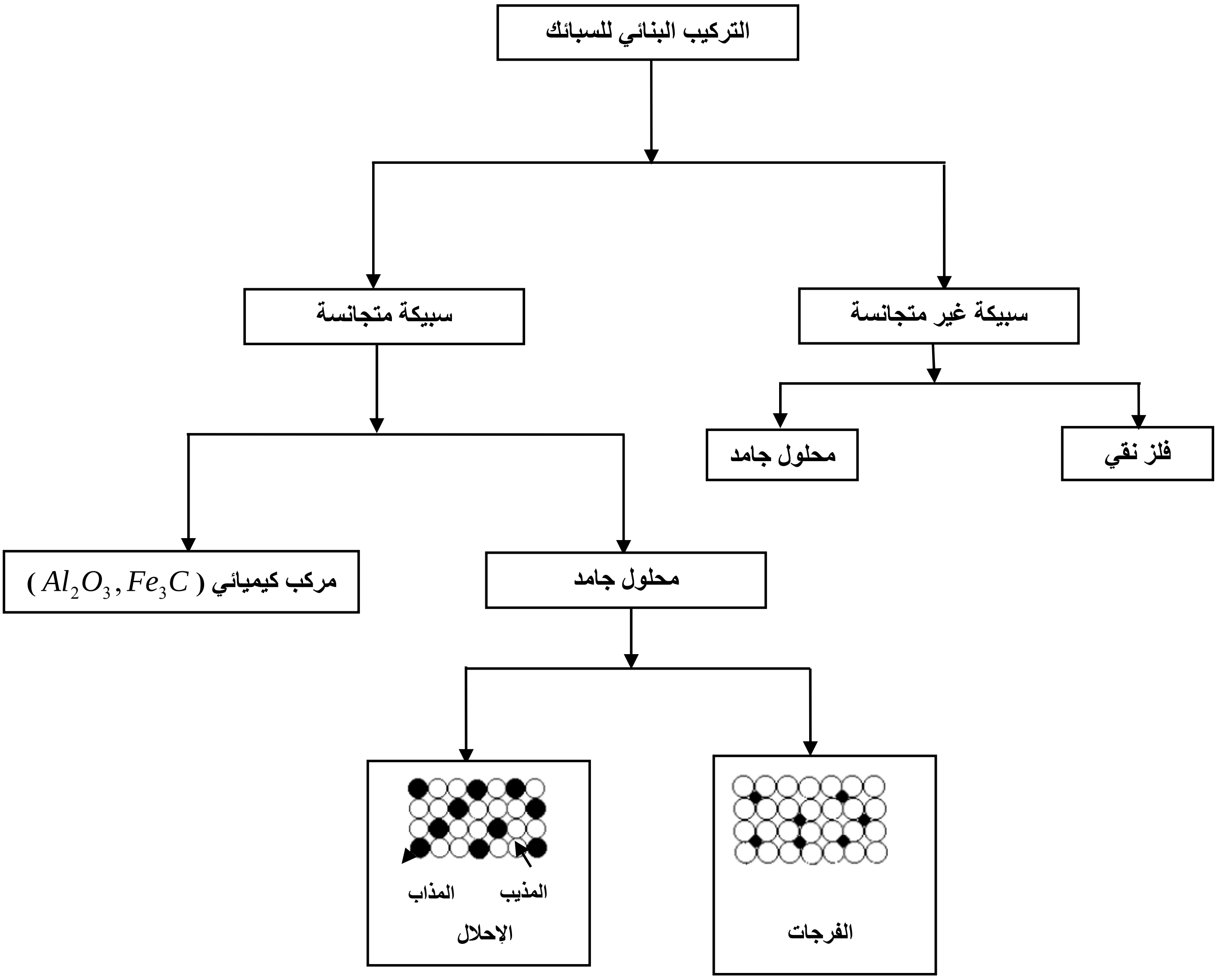
1-2-3 التجمد أو التبلور المتجانس

نقول عن نظام أنه متجانس إذا كانت خواص المادة المكونة له منتظمة خلال كامل الكتلة على المستوى الميكروسكوبي. في مثال السبيكة، هذا يعني أن المادتين تامتي الذوبان في بعضهما البعض، وعادة ما نشير إلى المادة الموجودة بنسبة أكبر أنها المذيب والمادة الموجودة بنسبة أقل المذاب. في الحالة الصلبة كما في الحالة السائلة يمكن أن يقبل المذيب نسبة من المذاب لا يمكن تعديلها مع بقاء المحلول متجانساً، وهذا يعنى أيضاً أن خواص وتركيب هذه الكتلة ثابتة عند أي نقطة، وبعبارة أخرى التجمد المتجانس، يعني وجود طور واحد فقط ويطلق عليه المحلول الجامد. هناك أمثلة كثيرة على سبائك ذات تجمد

متجانس، على سبيل المثال السبيكة المكونة من النحاس والنيكل، والسبيكة المكونة من الفضة والذهب.

2-2-3 التجمد أو التبلور الغير المتجانس

يكون النظام غير متجانس عندما تختلف خواصه وتركيبه من نقطة إلى أخرى في الكتلة أو كامل المنظومة. في مثال السبيكة، هذا يعني أن المادتين غير تامتي الذوبان في بعضهما البعض، أو بعبارة أخرى التجمد الغير المتجانس يعني وجود أكثر من طور، ويمثل أي فلز مكون للسبيكة أحد عناصر طور واحد أو أكثر في السبيكة. من الأمثلة على ذلك سبيكة الرصاص والقصدير وسبيكة النحاس والفضة. عموماً، يوضح الشكل (3.5) المخطط العام للتقسيمات المختلفة للسبائك حسب البناء الميكروسكوبي:



الشكل (3.5): المخطط العام لتقسيم السبائك

4- تحولات الاطوار الصلبة

1-4 منحنيات التبريد

منحنى التبريد هو عبارة عن رسم بياني يوضح العلاقة بين التغير في درجة الحرارة من جهة والزمن من جهة أخرى. عملياً، يتم صهر الفلز النقي أو السبيكة المكونة من أكثر من فلز واحد، يتم بعدها متابعة سلوك انخفاض درجة الحرارة مع مرور الزمن من الحالة السائلة (منصهر) إلى الحالة الجامدة (صلب).
هناك حالتان: حالة المعدن النقي وحالة السبيكة.

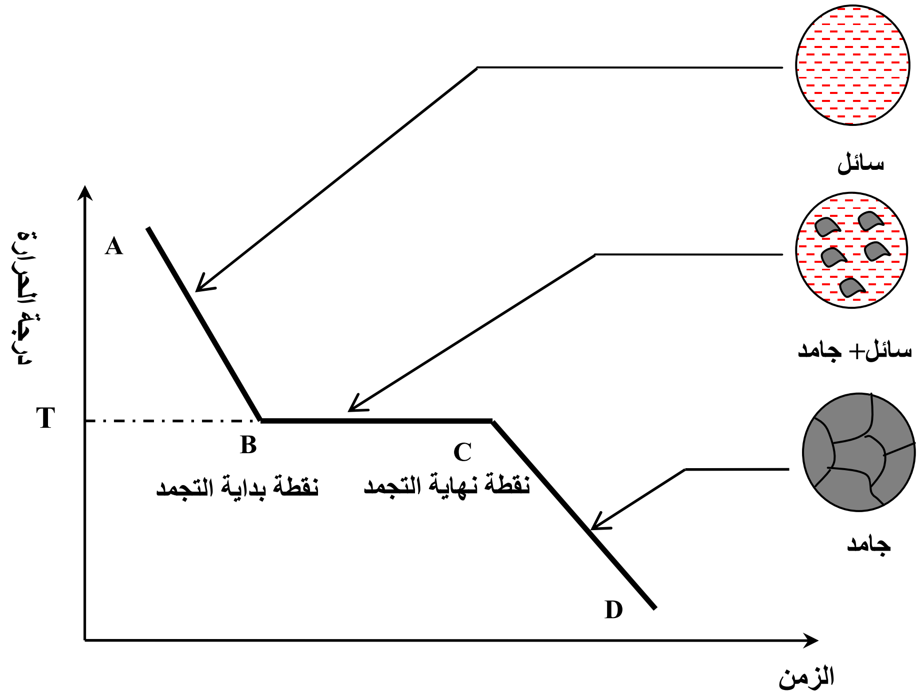
4-1-1 منحنى التبريد لمعدن نقي

الشكل (4.5) يبين لنا طبيعة المنحنى في حالة معدن نقي، حيث يمكننا قراءة ما يلي:

أ- من النقطة A إلى النقطة B تنخفض درجة حرارة المعدن مع مرور الزمن.

ب- من النقطة B إلى النقطة C درجة الحرارة ثابتة خلال هذه الفترة الزمنية وتسمى درجة حرارة تجمد الفلز و نرمز لها بـT.

ج- من النقطة C إلى النقطة D نلاحظ استمرار انخفاض درجة حرارة الفلز وهو في جامد.



الشكل (4.5): خصائص منحنى التبريد لمعدن نقي

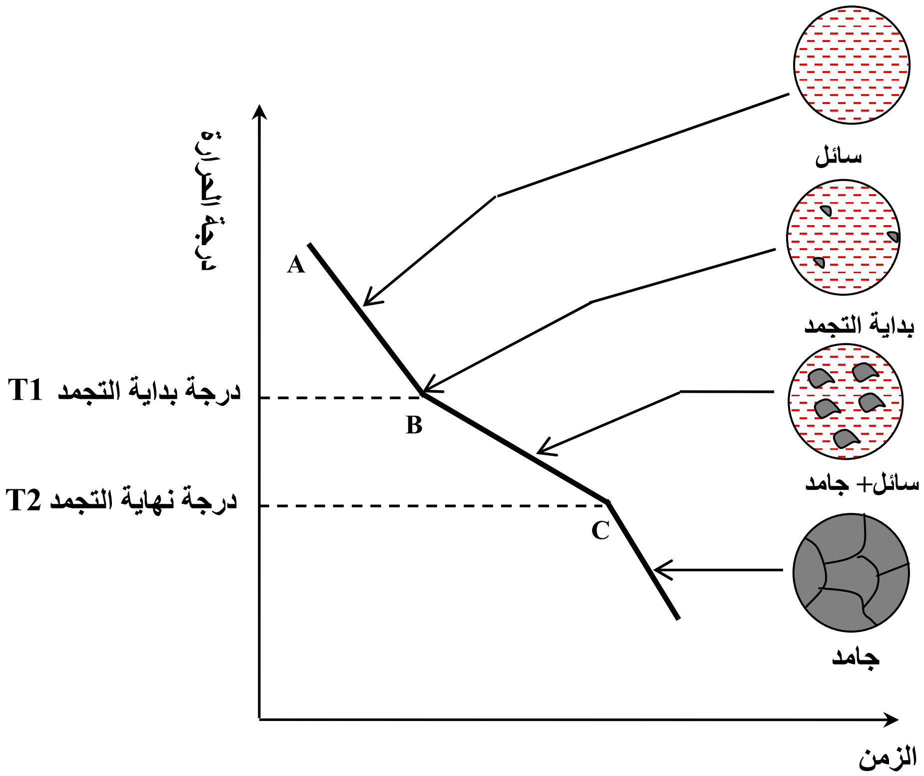
4-1-2 منحنى التبريد لسبيكة معدنية

الشكل (5.5) يبين لنا طبيعة المنحنى في حالة سبيكة مكونة من معدنين، حيث يمكننا استنتاج ما يلي:

أ- من النقطة A إلى النقطة B تنخفض درجة حرارة السبيكة مع مرور الزمن.

ب- عند النقطة B أي عند درجة الحرارة T1، تبدأ عملية التجمد ويكتمل هذا التجمد نهائياً عند النقطة C أي عند درجة الحرارة T2 ،حيث يصبح كامل الخليط (السبيكة) جامداً. النقطة B تسمى نقطة السيولة و النقطة C تسمى نقطة التجمد.

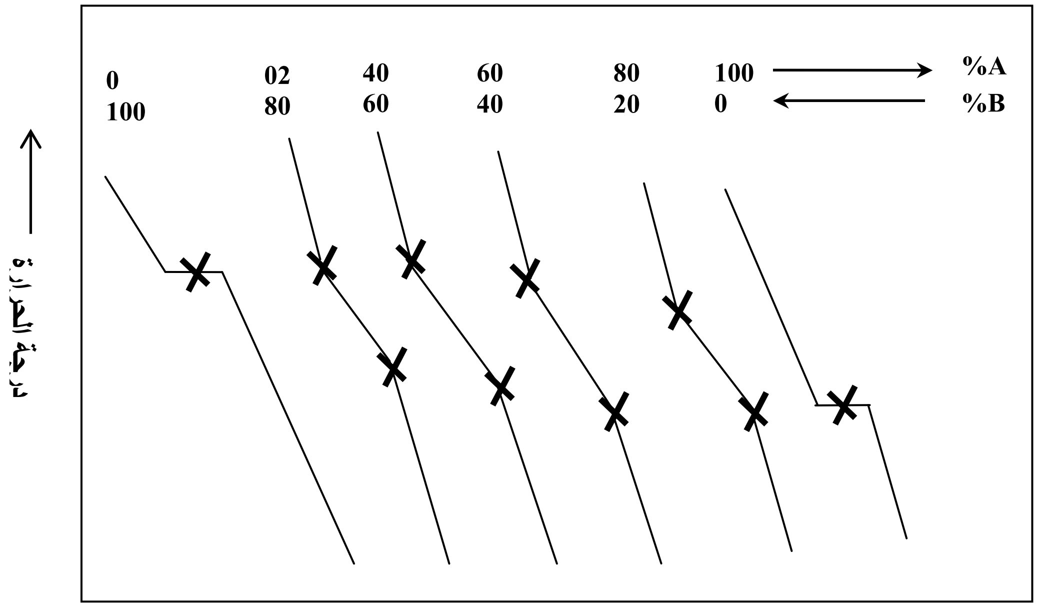
ج- من النقطة C إلى النقطة D نلاحظ انخفاض درجة حرارة السبيكة وهي جامدة.



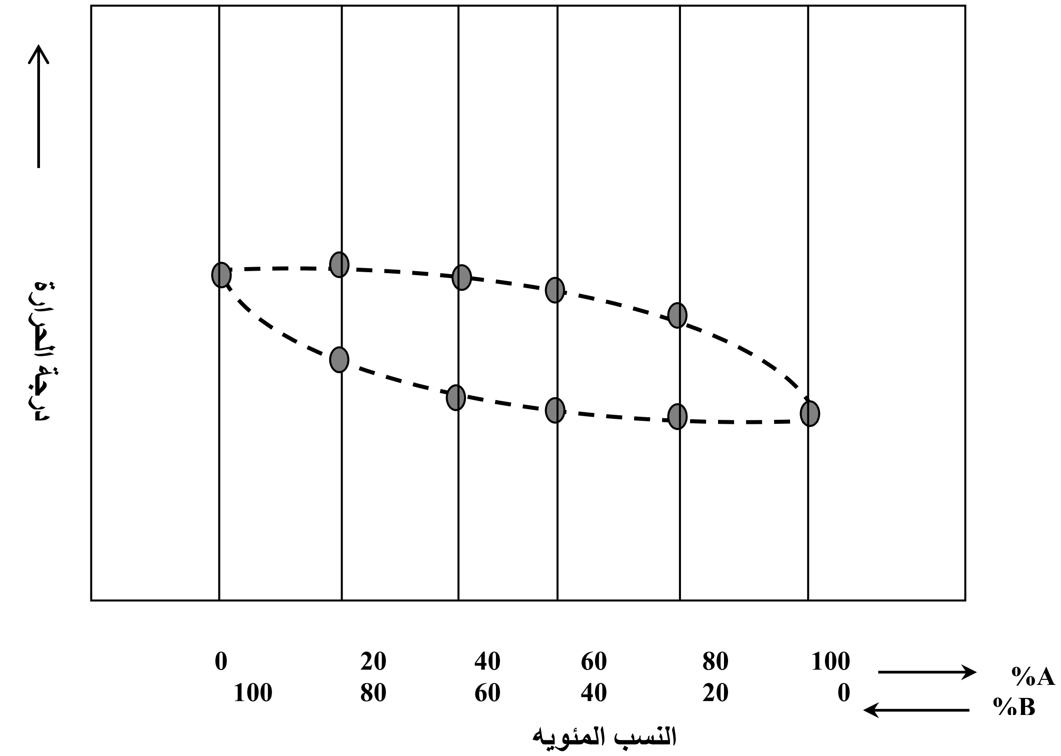
الشكل (5.5): خصائص منحنى التبريد لسبيكة مكونة من معدنين

2-4 مخططات الأطوار المتزنة

لرسم مخطط الأطوار المتزنة أو ما نسميه مخطط الاتزان الحراري لسبيكة مكونة من معدنين نقيين، يلزمنا رسم منحنيات التبريد لعدة تركيبات لهذه السبيكة كما هو موضح في الشكل (6.5). كل منحنى تبريد يعطينا درجة بداية التجمد ودرجة نهاية التجمد لتركيبة واحدة محددة مع ملاحظة أنه في حالة المعدن النقي وهو الحال للحالة الأولى والأخيرة، فإن درجة بداية التجمد تكون مساوية لدرجة نهاية التجمد. بعدها نضع على المحور الأفقي النسب المئوية المكونة للسبيكة ويناسب كل نسبة مئوية درجتي حرارة بداية ونهاية التجمد على المحور العمودي كما هو موضح في الشكل (7.5) وبإيصال هذه النقاط نحصل على مخطط الأطوار المتزنة للسبيكة.



الشكل (6.5): منحنيات التبريد لتركيبات مختلفة للسبيكة المكونة من المعدنين A و B



الشكل (7.5): مخطط الأطوار المتزنة للسبيكة المكونة من المعدنين A و B

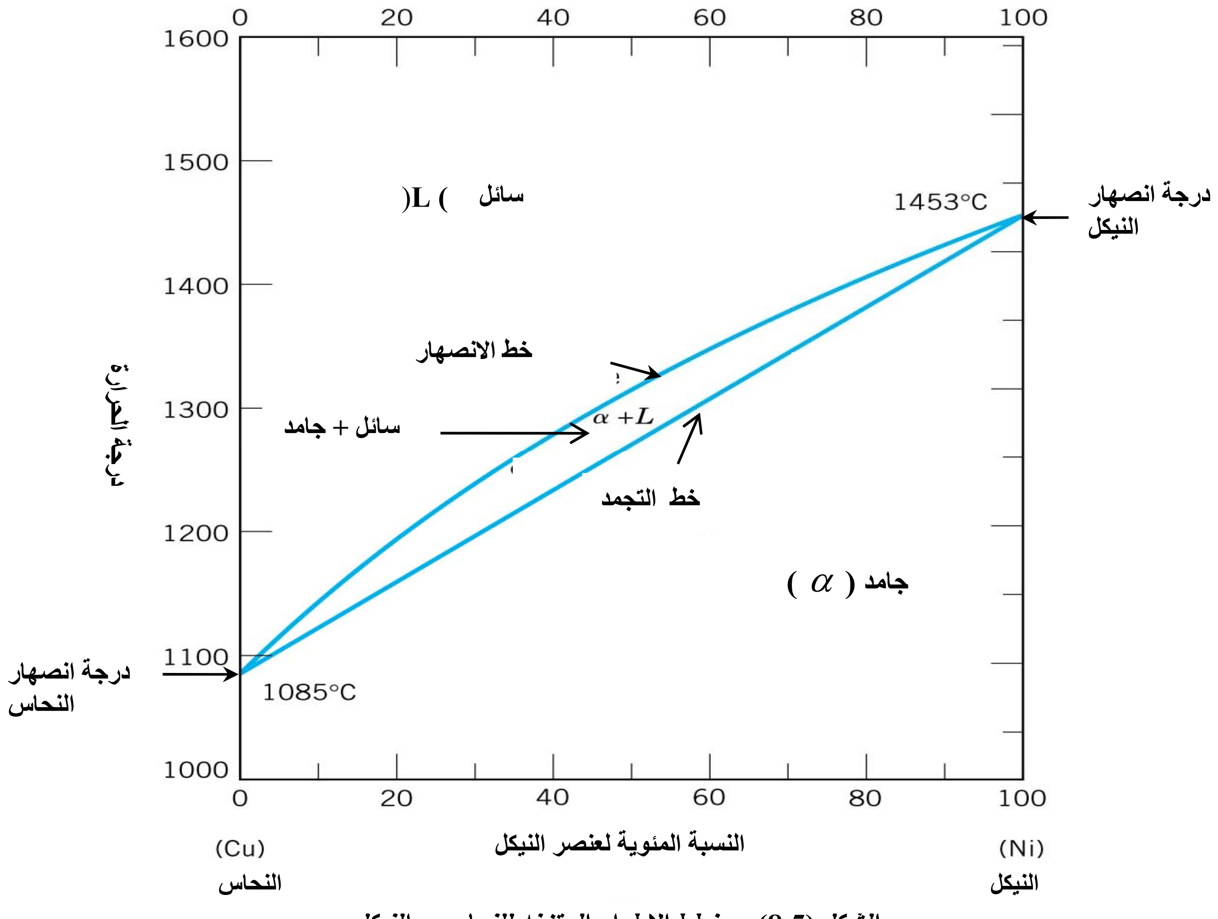
1-2-4مخطط الأطوار المتزنة الثنائي للنحاس و النيكل

يعتبر هذا المخطط الموضح في الشكل (8.5) مثالاً شائعاً للسبائك الثنائية متجانسة التبلور، أي تمتزج ببعضها البعض كلياً أيا كانت نسب الخلط. السبائك التي تتميز بهذا النوع من المخططات تكون مكوناتها متشابهة البنية البلورية، ويتبع هذا النوع من المخططات على سبيل المثال مخطط الأطوار المتزنة للسبيكة المكونة من الفضة والذهب، وكذلك مخطط الأطوار المتزنة للسبيكة المكونة من الحديد والكروم. ينقسم المخطط في الشكل (8.5) إلى ثلاث مساحات :

أ- مساحة عليا فوق خط الانصهار، يوجد بها طور واحد هو السائل (L) مكون من مادتي النيكل والنحاس.

ب- مساحة سفلى تحت خط التجمد، يوجد بها طور واحد هو الجامد ويسمى اصطلاحاً الطور ألفا (α) وهو محلول جامد أي لا يمكننا التفريق فيه بين معدن النحاس ومعدن النيكل.

ج- مساحة محصورة بين خط الانصهار وخط التجمد، يوجد بها طوران أحدهما سائل والثاني جامد: (α + L).



الشكل (8.5): مخطط الاطوار المتزنه للنحاس و النيكل

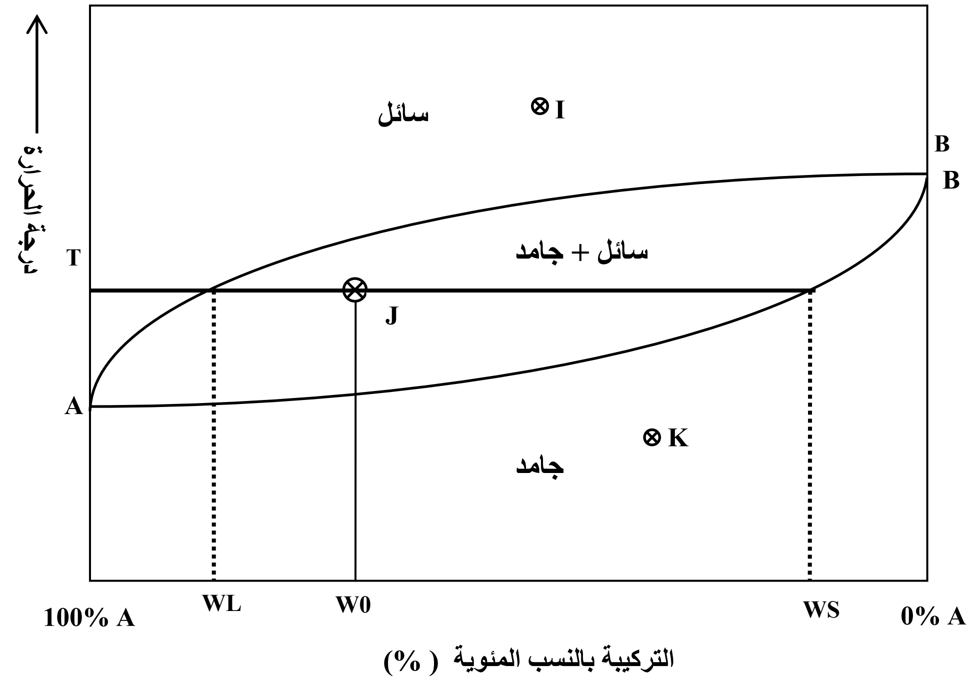
2-2-4 قاعدة ليفر (LEVER RULE)

يمكن من مخطط الاتزان الحراري معرفة كمية كل طور عندما يتم تحديد درجة الحرارة ونسبة تركيب الخليط كما يلي:

نريد حساب نسب الأطوار في مناطق مختلفة من المخطط، ولتكن النقاط K،J،I كما هو موضح في الشكل (9.5). حسب ما ذكرنا سابقاً لدينا:

- عند النقطة I يوجد طور واحد هو السائل: 100 % سائل، و 0 % جامد.
- عند النقطة K يوجد طور واحد هو الجامد: 100 % جامد و 0 % سائل.
- عند النقطة J تركيب السبيكة W_0 ودرجة الحرارة T هناك طوران هما السائل والجامد. نسبة كل واحد منهما غير معلومة مسبقاً. لحساب هذه النسب، نستعمل قاعدة الخط الأفقي والتي تسمى أيضاً قاعدة ليفر كما يلي:

نمد خط أفقي يمثل درجة الحرارة المعطاة T بحيث يقطع حدود المجال الذي يحصر الطورين كما هو موضح في الشكل (9.5)، نرسم بعدها خطوط إسقاط على محور التركيبة من نقاط تقاطع الخط الأفقي مع كل من خط الانصهار وخط التجمد ولتكن W_L و W_S.



الشكل (9.5): قاعدة الخط الأفقي لسبيكة مكونة من مادتين A و B

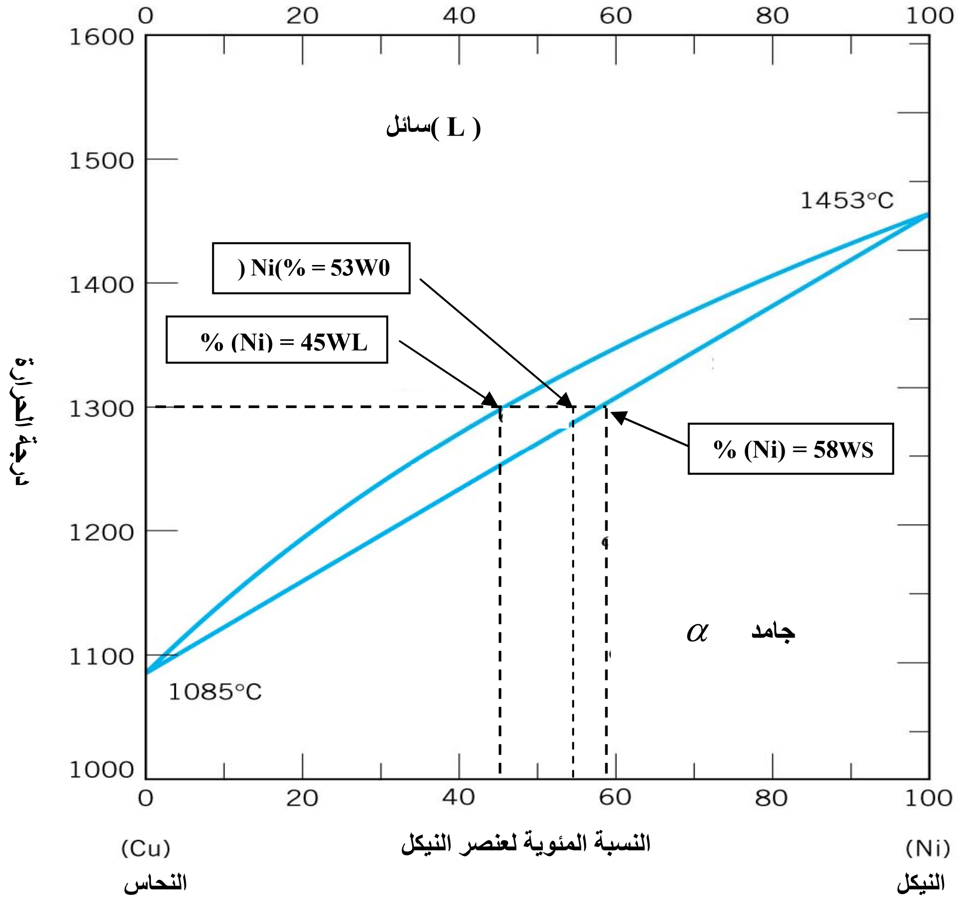
نسبة الطور السائل ونسبة الطور الجامد عند النقطة J تعطى بالعلاقات التالية:

$$\frac{W_S - W_0}{W_S - W_L} \times 100\% = \text{النسبة المئوية للطور السائل}$$

$$\frac{W_0 - W_L}{W_S - W_L} \times 100\% = \text{النسبة المئوية للطور الجامد}$$

مثال

سبيكة مكونة من معدني النحاس والنيكل تحتوي على 53% كتلة نيكل و47% كتلة نحاس عند درجة الحرارة 1300^0C. باستخدام مخطط الاتزان الحراري لهذه السبيكة الموضح في الشكل (10.5)، احسب نسبة كتلة السائل و نسبة كتلة الجامد.



الشكل (10.5): تطبيق قاعدة الخط الأفقي (قاعدة ليفر)

الحل:

من المخطط، ونسبتا عنصر النيكل لدينا:

$W_L = 45\%$, $W_0 = 53\%$, $W_S = 58\%$

أ- نسبة الطور السائل

$$\frac{W_S - W_0}{W_S - W_L} \times 100$$

$$= \frac{58-53}{58-45} \times 100 = 38.5\%$$

ب- نسبة الطور الجامد

$$\frac{W_0 - W_L}{W_S - W_L} \times 100$$

$$= \frac{53-45}{58-45} \times 100 = 61.5\%$$

ملحوظات:

- في قاعدة ليفر لدينا دائماً:

النسبة المئوية للطور السائل + النسبة المئوية للطور الجامد = 100%

- يمكننا حساب نسبة الطور السائل ونسبة الطور الجامد باستعمال النسب المئوية لمعدن النحاس، والتي تعتبر مكملة لنسب النيكل أي:

$W_L = 55\%$, $W_0 = 47\%$, $W_S = 42\%$

3-2-4 مخطط الأطوار المتزنة الثنائي للرصاص والقصدير

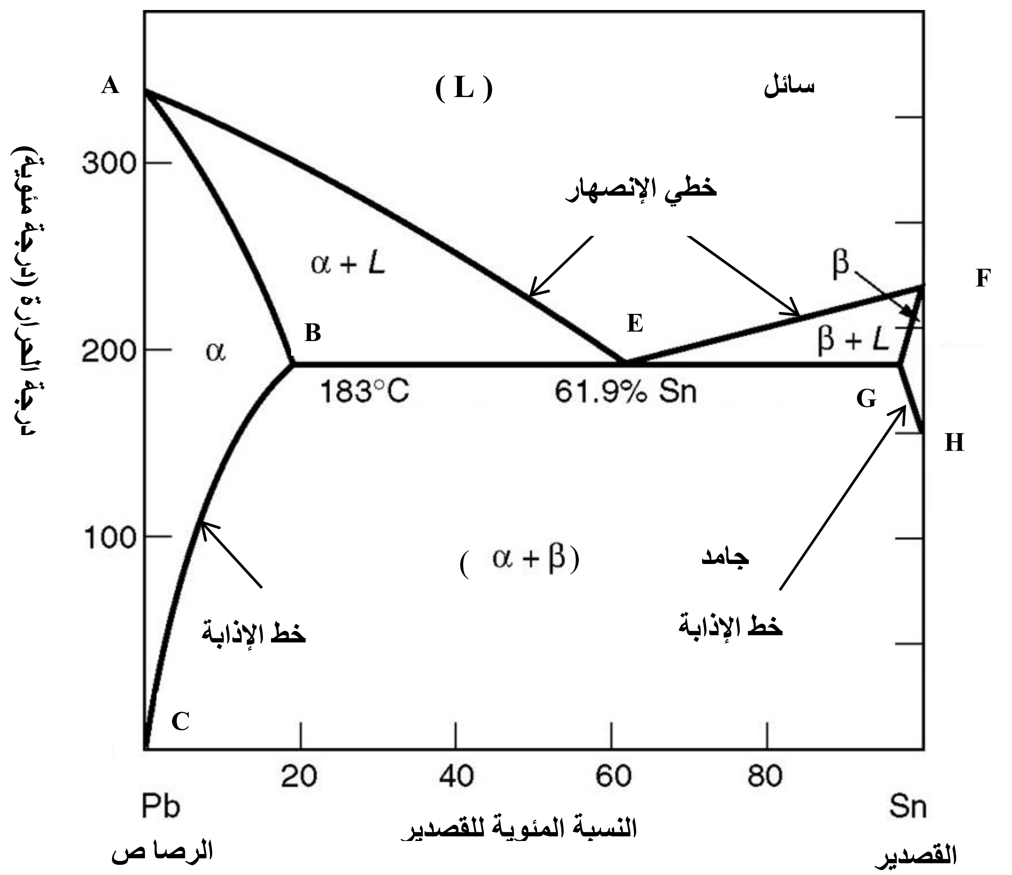
يعرف هذا المخطط بالمخطط الثنائي اليوتيكتيكي (Eutectic) للأطوار المتزنة للرصاص والقصدير الموضح في الشكل (11.5). يتبع هذا النوع من المخططات على سبيل المثال مخطط الأطوار المتزنة لسبيكة الفضة والألومنيوم وكذلك مخطط الأطوار المتزنة لسبيكة الفضة والنحاس.

كلمة يوتيكتيكي خاصة بما يحدث عند النقطة E التي تسمى اصطلاحاً نقطة اليوتيكتيك، تلتقي عندها ثلاثة أطوار متباينة هي: الطور السائل (L) وهو عبارة عن خليط من الرصاص والقصدير في حالة سائلة والطور الجامد (α) وهو محلول جامد غني بالرصاص يحتوي على نسبة من القصدير مذابة فيه، وأخيراً الطور (β) وهو محلول جامد غني بالقصدير يحتوي على نسبة من الرصاص مذابة فيه.

- يمثل الخط ABC حدود إذابة القصدير في الرصاص كما يمثل الخط FHG حدود إذابة الرصاص في القصدير. أقصى نسبة للقصدير يمكن إذابتها في الرصاص تساوي 19.2% وتحدث عند النقطة B وأقصى نسبة للرصاص يمكن إذابتها في القصدير تساوي 2.5% وتحدث عند النقطة G.

- تكون نسبة الإذابة (سواء القصدير في الرصاص أو الرصاص في القصدير) أقصاها على الخط الأفقي BEG.

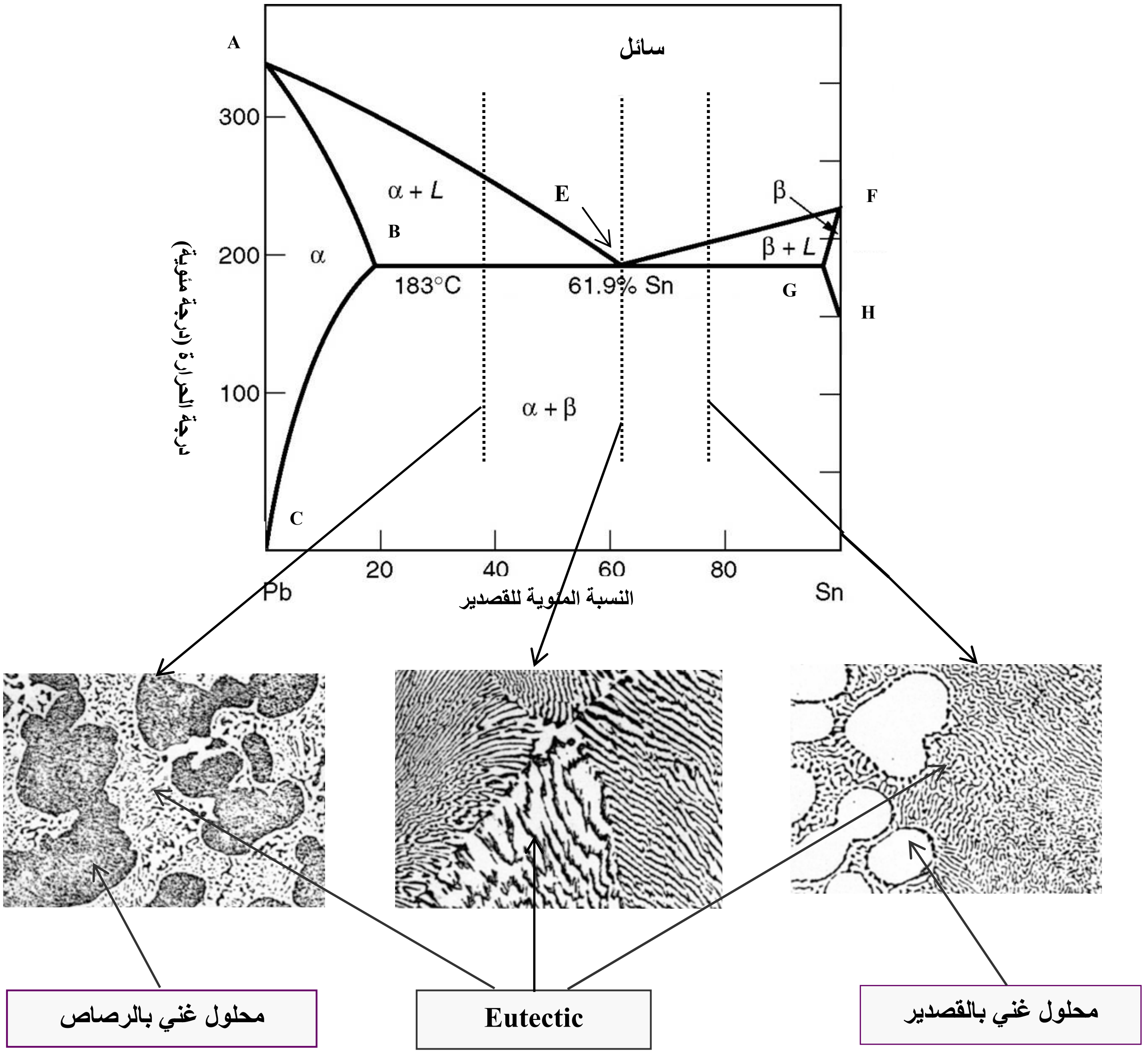
- هناك ثلاث مساحات تحتوى على طورين: المساحة داخل المثلث ABE ويوجد داخلها الطور السائل (L) والطور الجامد (α) والمساحة داخل المثلث EGF ويوجد داخلها الطور السائل (L) والطور الجامد (β) وأخيراً المساحة تحت الخط CBEGH ويوجد داخلها طوران هما الطور الجامد (α) والطور الجامد (β).



الشكل (11.5): مخطط الاتزان الحراري الثنائي للرصاص و القصدير

- النقطة E أي نقطة اليوتيكتيك يلتقي عندها ثلاثة أطوار: الطور السائل(L) والطور(α) والطور (β) ودرجة الحرارة عندها تمثل أدنى درجة حرارة انصهار السبيكة وتساوي $183\,^0C$ وتكون عند التركيبة 61.9 % قصدير و38.1 % رصاص. تشكل هذه السبيكة أهمية خاصة في صناعة خامات اللحام على سبيل المثال.

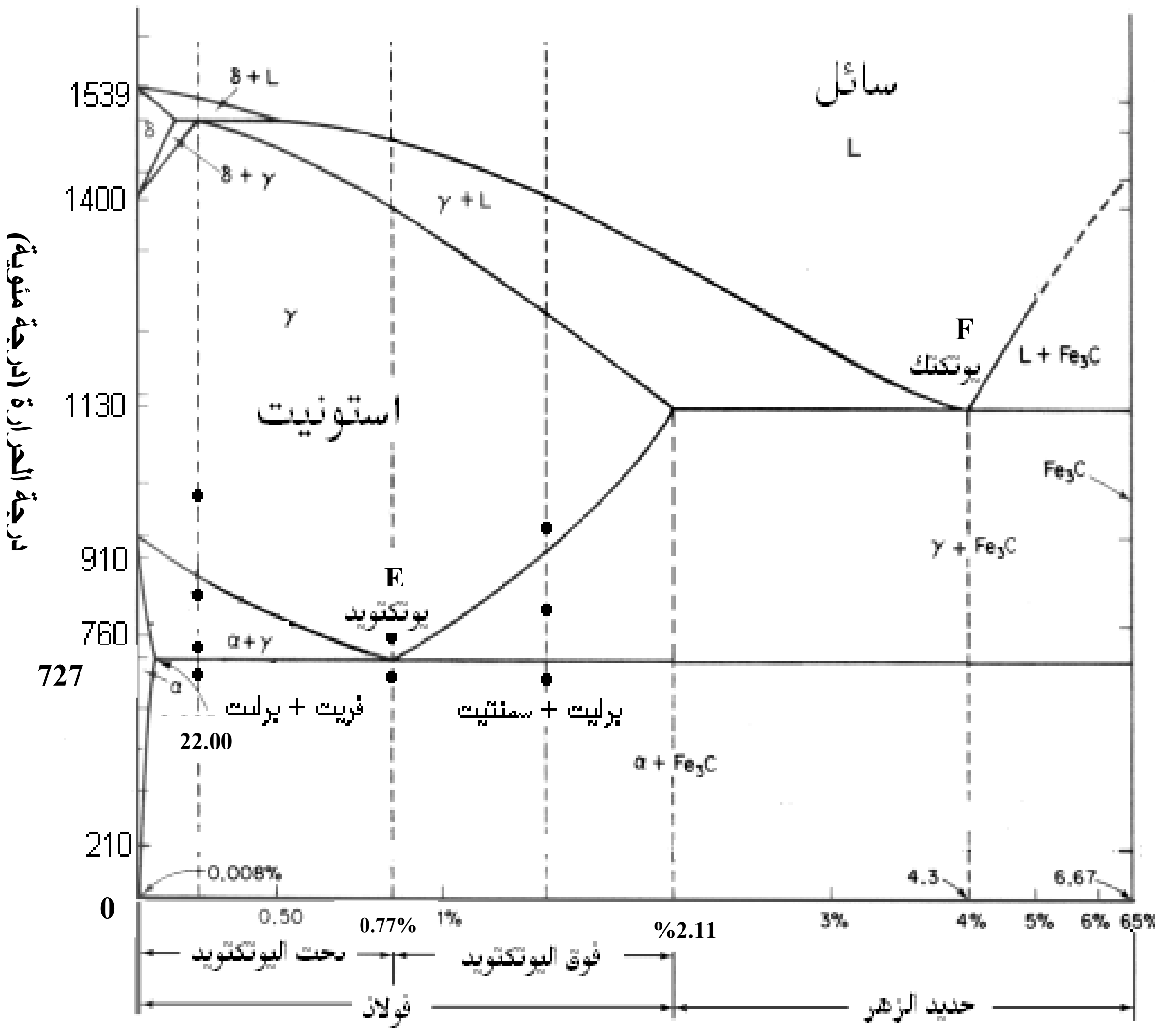
الشكل (12.5) يبين لنا البنية الداخلية للسبيكة قبل النقطة E وعند النقطة E وبعد النقطة E.



الشكل (12.5): الأطوار المختلفة عند جوار نقطة اليوتيكتك (E)

4-2-4 مخطط الاتزان الحراري للحديد و الكربون

يعتبر الصلب وحديد الزهر والحديد المطاوع من أهم المواد المعدنية المستخدمة بكثرة في الصناعات الهندسية خاصة، والصناعة عامة. هذه المواد هي في الحقيقة سبائك أساسها الحديد والكربون. من أهم ميزاتها إمكانية تغيير بنيتها البلورية وبالتالي صفاتها وخواصها بمعالجتها حرارياً (تسخينها و تبريدها بأساليب معينة). الشكل (13.5) يمثل مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون. على المحور الأفقي تمثل النسبة المئوية لعنصر الكربون وكما نلاحظ فإن أعلى نسبة للكربون يمكن إذابتها في الحديد تساوي 6.7 %. أهم أطوار مخطط الاتزان الحراري لسبيكة الحديد والكربون لمختلف درجات الحرارة هي:



الشكل (13.5) مخطط الاتزان الحراري للحديد و الكربون

أ- طور الفريت (Ferrite): α

نرمز له بالحرف ألفا (α). هذا الطور هو المعتاد عند درجات الحرارة الأقل من 912^0C، طري نسبياً وبناؤه البلوري مكعبي مركزي الجسم (BCC) وقابلية ذوبان الكربون في هذا الطور محدودة نظراً لأن ذرة الكربون أكبر من أن تذوب بالانتشار في الأماكن البينية وكذلك أصغر من أن تؤهل لشغل أماكن ذرات الحديد بالإبدال. أعلى نسبة للكربون يمكن إذابتها في الحديد تساوي 0.02% عند درجة الحرارة 727^0C.

ب- طور السيمنتيت (Cementite): Fe_3C

هو مركب كيميائي صيغته Fe_3C ويسمى في بعض الأحيان الكربيد. هو طور غني بالكربون. نسبة

الكربون فيه تساوي 6.7%. هذه النسبة كما ذكرنا سابقاً هي أقصى نسبة كربون يمكن إذابتها في الحديد. يتميز هذا الطور بصلادة وقصافة عاليتين.

ج- طور الأستنيت (Austenite): γ

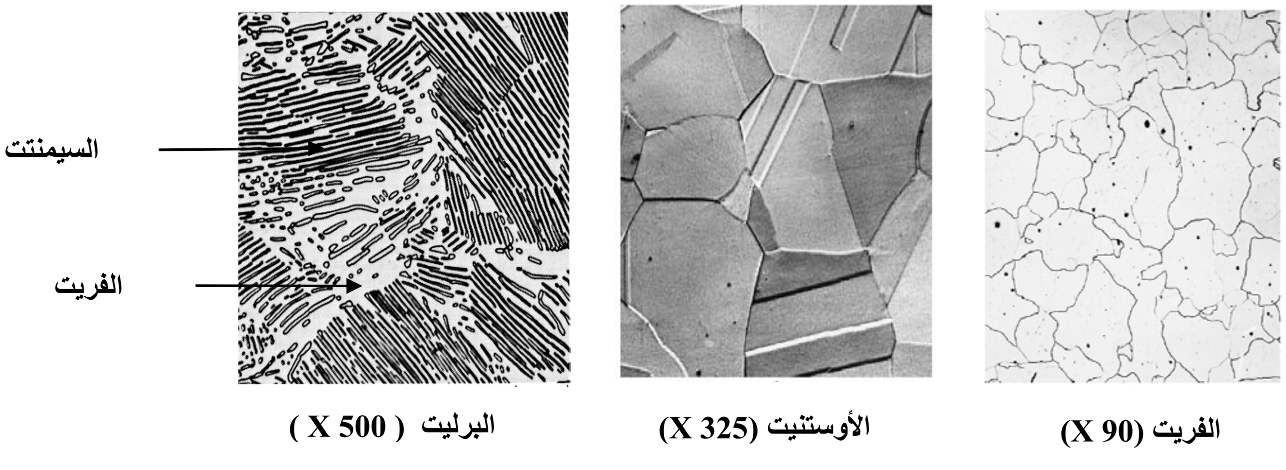
نرمز له بالحرف جاما (γ)، هذا الطور يكون مستقراً بين درجتي الحرارة 912^0C و 1394^0C وبناؤه البلوري مكعبي مركزي الوجه (FCC). هذا الطور يمكن أن يذيب كميات أكبر من الكربون حيث أن خلايا هذا النظام تحتوي على فراغ في وسط الخلية يسمح بقبول ذرات الكربون، وأعلى نسبة للكربون يمكن إذابتها في الحديد تساوي 2 %عند درجة الحرارة 727^0C.

د- طور دلتا فريت (δ Ferrite): δ

هو الشكل المستقر فوق درجة الحرارة 1394^0C، بناؤه البلوري مكعبي مركزي الوجه (FCC) ونسبة ذوبان الكربون فيه أقل من نسبة ذوبانه في الحديد (γ) للأسباب المذكورة.

هـ- طور السائل (L): و هو سائل مكون من الحديد و الكربون.

الشكل (14.5) يبين لنا البنية الداخلية لبعض أطوار مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون، علماً بأن البرليت (Pearlite) هو حديد الصلب به نسبة كربون تساوي 0.77% عند درجة حرارة أقل من 727^0C.



الشكل (14.5): البنية الداخلية لطور الفريت والأوستنيت والبرليت

عموماً ينقسم المخطط إلى جزئين رئيسيين هما:

أ- **حديد الصلب**: تتراوح نسبة الكربون فيه بين 0 % و2.11 %، وينقسم بدوره إلى قسمين نسبة إلى النقطة E التي تسمى اصطلاحاً نقطة اليوتيكتويد (Eutectoid):

- حديد صلب تحت اليوتيكتويدي: تتراوح نسبة الكربون فيه بين 0 % و 0.77.%
- حديد صلب فوق اليوتيكتويدي: تتراوح نسبة الكربون فيه بين 0.77% و 2.11 %

ب- **حديد الزهر**: تتراوح نسبة الكربون فيه بين 2.11 % و6.67 %.

يجب الإشارة إلى النقطة F على مخطط الاتزان الحراري التي تسمى اصطلاحاً نقطة اليوتكتيك (Eutectic) عند نسبة كربون تساوي 4.3% و درجة حرارة 1148^0C حيث تواجد عندها ثلاثة أطوار مختلفة في آن واحد هي : الطور السائل، طور السيمنتت وطور الأوستنيت. عملية التجمد هنا عبارة عن نقطة، وليس هناك مدى تجمد كما في بقية المخطط.

1-4-2-4 التركيب اليوتيكتويدي (Eutectoid)

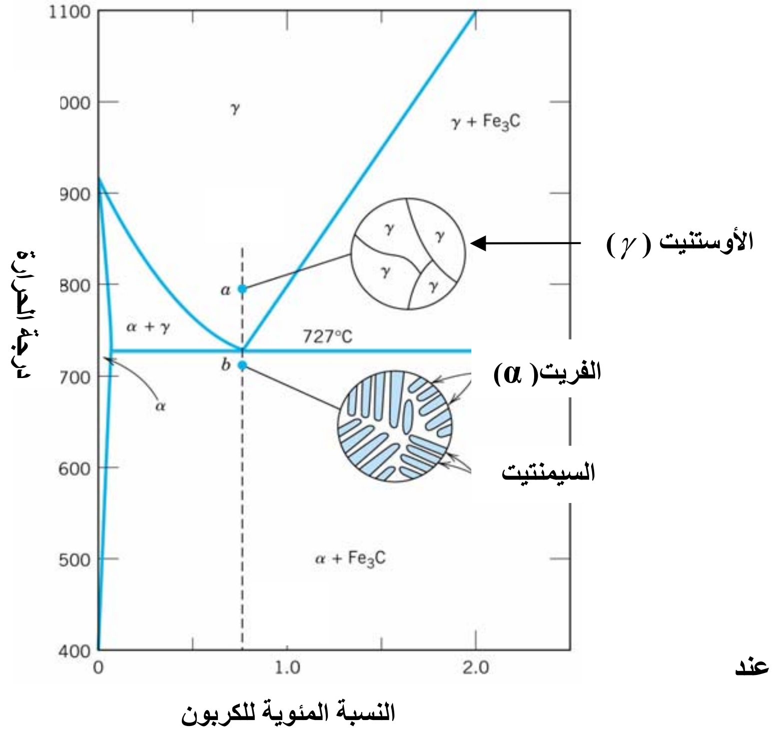
بالرجوع إلى مخطط الاتزان الحراري وبالضبط عند النقطة E (نقطة اليوتيكتويد)، تحولات الأطوار عند هذه النقطة وجوارها يلعب دوراً كبيراً في صناعة الصلب. إذا تصورنا خليطاً من الحديد والكربون، نسبة الكربون فيه 0.77% ودرجة الحرارة أعلى من 727^0C وبالضبط عند النقطة a على الخط المتقطع الموضح في الشكل (15.5)،فإن مخطط الاتزان الحراري يبين لنا وجود طور الأوستنيت (γ)، وإذا تم تبريد هذا الخليط إلى درجة حرارة أقل من 727^0C، كما عند النقطة b فإن هذا الطور يتحول إلى طورين آخرين في الحالة الصلبة وهما طور الفريت + طور السيمنتيت والذي يطلق عليها طور البيرليت.

2-4-2-4 التركيب تحت اليوتيكتويدي (Hypoeutectoid)

نقصد هنا جوار نقطة اليوتيكتويد وبالتحديد نسبة كربون أقل من 0.77% كما هو موضح في الشكل (16.5). عند درجات الحرارة الأعلى من 727^0C، وعند النقطة c هناك طور واحد هو طور الأوستنيت. بعملية التبريد على طول الخط المتقطع يبدأ طور الفريت بالظهور عند حدود الحبيبات. عند النقاط d والنقطة e حتى نصل إلى النقطة f حيث درجة الحرارة أقل من 727^0C أي نلاحظ وجود طورين هما طور الفريت(α) + طور البيرليت ((α) + السيمنتت)

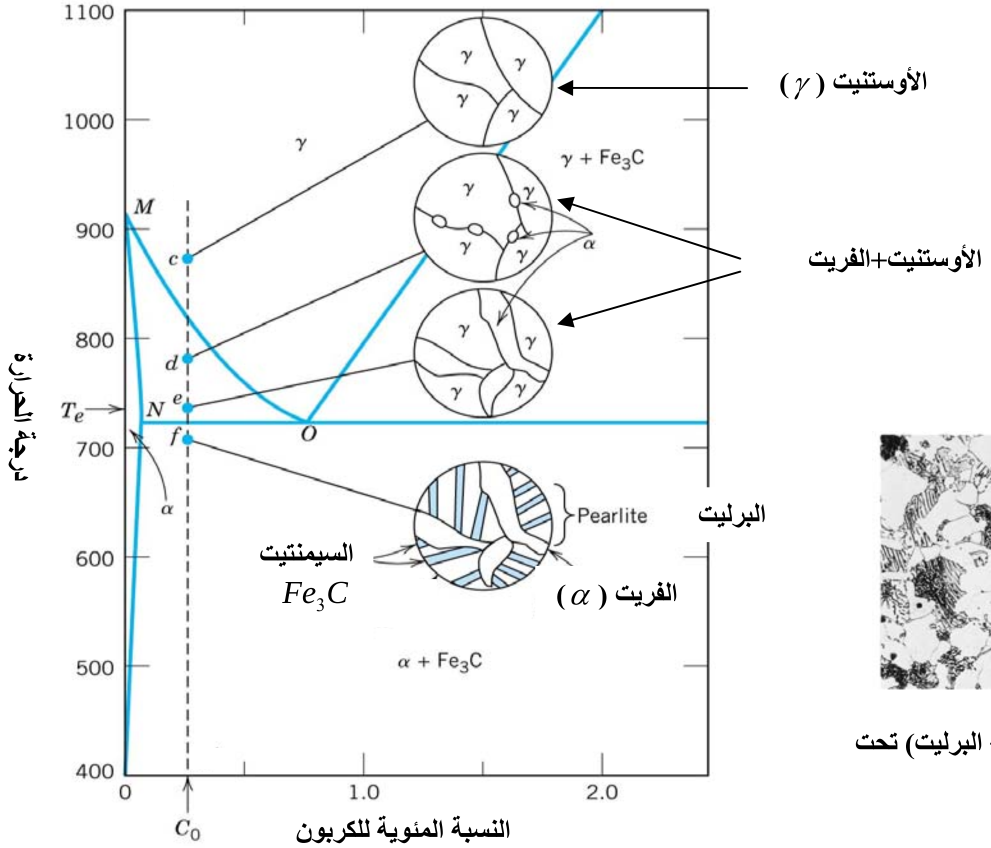
3-4-2-4 التركيب فوق اليوتيكتويدي **(Hypereutectoid)**

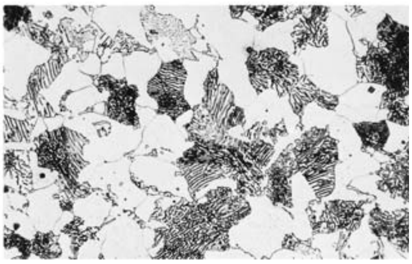
نسبة الكربون في التركيب فوق اليوتيكتويدي أكبر من 0.77% وأصغر من 2.11% كما هو موضح في الشكل (17.5). عند درجات الحرارة الأعلى من 727^0C وعند النقطة g هناك طور واحد هو طور الأوستنيت وبعملية التبريد، عند النقط h يبدأ طور السيمنتيت في الظهور عند حدود الحبيبات وعند النقطة i حيث درجة الحرارة أقل من 727^0C يكون التركيب هو طور السيمنتيت + طور البرليت.



صورة مجهرية للبيرليت (الفريت +السيمنتيت) عند نقطة اليوتيكتويد.

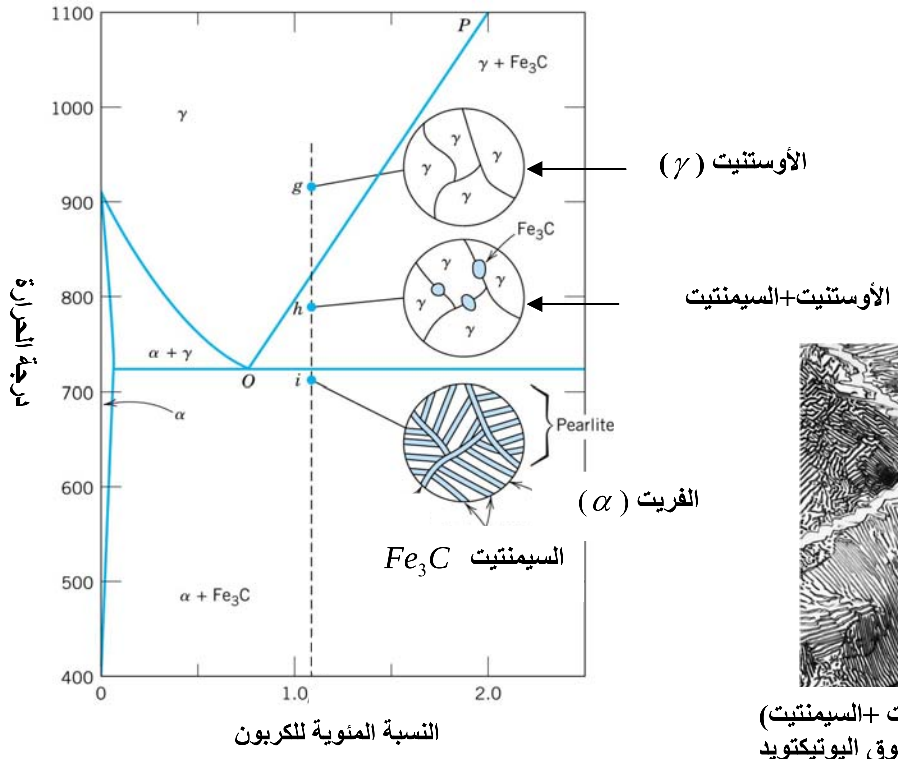
الشكل (15.5): تركيب الصلب اليوتيكتويدي





صورة مجهرية للبناء (الفريت + البرليت) تحت اليوتيكتويد

الشكل (16.5): تركيب الصلب تحت اليوتيكتويدي



صورة مجهرية للبناء (البرليت +السيمنتيت) فوق اليوتيكتويد

الشكل(17.5): تركيب الصلب فوق اليوتيكتويدي

مثال

إذا كان لدينا حديد صلب تركيبه 0.45% كربون و 99.55% حديد في مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون عند درجة حرارة أقل بقليل من درجة اليوتيكتويد ، أوجد:

1- نسبة الفريت ونسبة السمنتيت

2- نسبة الفريت ونسبة البرليت

الحل

1- من مخطط الاتزان الحراري، نجد أن

- ❖ تركيب الفريت % 0.022 كربون والباقي أي النسبة المكملة حديد بنسبة % 99.98.
- ❖ تركيب السيمنتيت % 6.7 كربون والباقي أي النسبة المكملة حديد بنسبة 93.3%.

وبالتالي لدينا:

$$W_{Fe_3C} = 6.7 \quad و \quad W_\alpha = 0.022$$

بتطبيق قاعدة الخط الأفقي عند هذا الحديد الصلب بتركيبة % 0.45 كربون أي $W_0 = 0.45$:

- نسبة الفريت

$$\%\alpha = \frac{W_{Fe_3C} - W_0}{W_{Fe_3C} - W_\alpha} \times 100\%$$

$$0.94\% = \frac{6.25}{6.678} \times 100\% = \%\alpha = \frac{6.7 - 0.45}{6.7 - 0.022} \times 100\%$$

- نسبة السيمنتيت:

$$\%Fe_3C = \frac{W_0 - W_\alpha}{W_{Fe_3C} - W_\alpha} \times 100\%$$

$$0.06\% = \frac{0.428}{6.678} \times 100\% = \%Fe_3C = \frac{0.45 - 0.022}{6.7 - 0.022} \times 100\%$$

أو بطريقة أخرى:

$$\%\alpha + \%Fe_3C = 1 \qquad \%Fe_3C = 1 - \%\alpha$$

$$\%Fe_3C = (1 - 0.94)\% = 0.06\%$$

2- لدينا

- تركيب الفريت % 0.022 كربون والباقي أي النسبة المكملة حديد 99.98%
- تركيب البرليت % 0.77 كربون والباقي أي النسبة المكملة حديد 99.23%

وبالتالي:

$W_{Pearlite} = 0.77$ و $W_\alpha = 0.022$

بتطبيق قاعدة الخط الأفقي عند هذا الصلب بتركيبة % 0.45 كربون أي $W_0 = 0.45$:

- نسبة الفريت:

$$\%W_\alpha = \frac{W_{Pearlite} - W_0}{W_{Pearlite} - W_\alpha} \times 100\%$$

$$= 0.43\% \quad \frac{0.32}{0.748} \times 100\% = \%W_\alpha = \frac{0.77 - 0.45}{0.77 - 0.022} \times 100\%$$

- نسبة البرليت:

$$\%W_{Pearlite} = \frac{W_0 - W_\alpha}{W_{Pearlite} - W_\alpha} \times 100\%$$

$$\%W_{Pearlite} = \frac{0.45-0.022}{0.77-0.022}\times 100\% \quad = \frac{0.428}{0.748}\times 100\% \quad = 0.57\%$$

5- السبائك الحديدية (الصلب الكربوني)

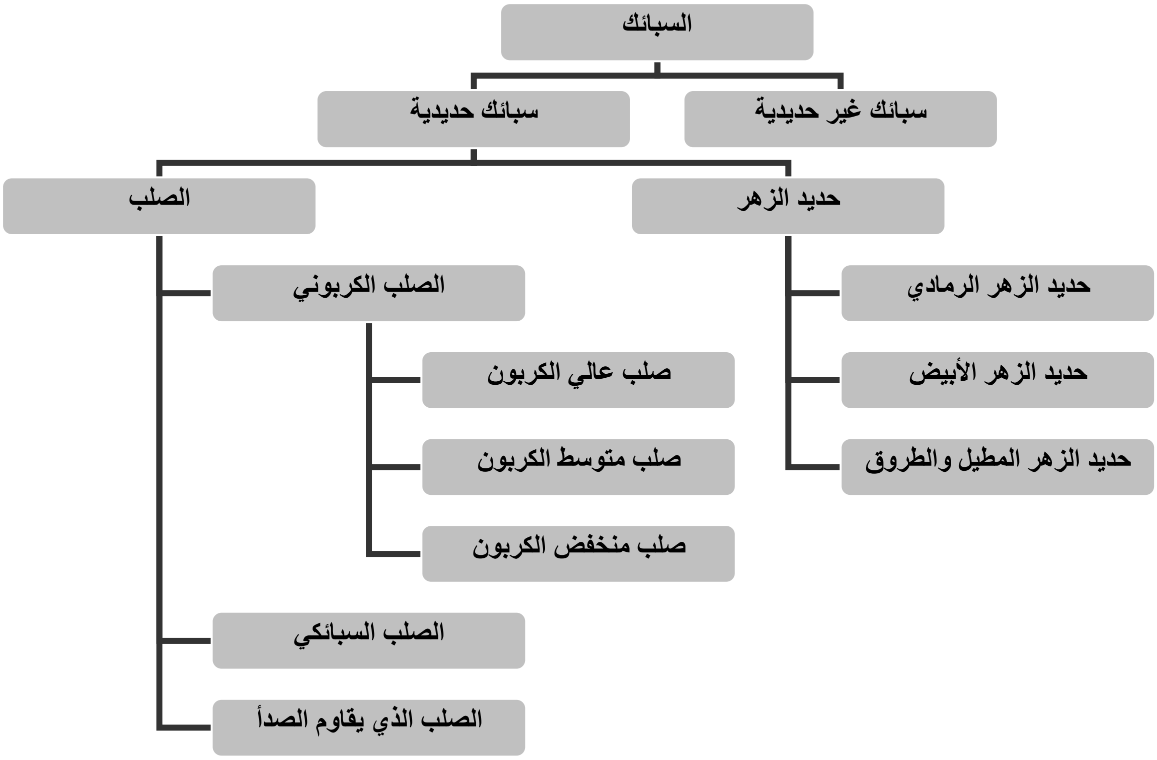
في المعادن تنقسم السبائك إلى قسمين رئيسيين: سبائك حديدية ويكون عنصرها الأساسي الحديد وسبائك غير حديدية وتكون عناصرها الأساسية معادن غير الحديد. هناك عدة مزايا وعيوب للسبائك الحديدية. من أهم مزاياها:

- ♦ تعدد الخواص الميكانيكية على مدى واسع يمكن الاختيار منه.
- ♦ سهولة تصنيعها للأغراض المختلفة.
- ♦ اقتصادية التكلفة في إنتاجها.

ومن أهم عيوب السبائك الحديدية:

- ♦ ثقل وزنها (كثافتها العالية).
- ♦ الانخفاض النسبي لتوصيلها الكهربائي (مقارنة ببعض السبائك المعدنية الأخرى).
- ♦ تعرضها للتآكل بسهولة.

الشكل (18.5) يوضح لنا التصنيف العام لمختلف أنواع السبائك الحديدية



الشكل (1.4): أنواع السبائك الحديدية

إن تعبير الصلب الكربوني (Carbon steel) يستخدم للتفريق بين الصلب الذي يلعب فيه الكربون الدور الأساسي والعامل المتحكم في الخواص أكثر من أي عنصر آخر وبين الأنواع الأخرى من الصلب السبائكي والتي تضاف إليها عناصر سبائكية بهدف الحصول على خواص وصفات معينة سواء كانت ميكانيكية، كيميائية أو غيرهما. على هذا الأساس، يمكن تعريف الصلب الكربوني على أنه الصلب الذي تحدد خواصه وتقدر تبعاً لنسبة الكربون الذي تحتويه السبيكة. تم تحديد نسبة الكربون على أساسين هما:

- انخفاض و تدني اللدونة نتيجة حدوث التقصف عند نسب الكربون الأعلى من 1.4 %.
- في حالة زيادة نسبة الكربون في الحديد عن 1.4% يصبح الصلب ضعيفاً.

ينقسم الصلب الكربوني إلى قسمين حسب نسبة الكربون:

أ- صلب المنشآت: تصل نسبة الكربون فيه إلى 0.8 %.

ب- صلب العدة: تتراوح نسبة الكربون فيه بين 0.8 % و 1.4 %.

الجدول (1.5) التالي يوجز لنا أهم أنواع الصلب الكربوني، خواصها ومجالات الاستعمال:

نوع الصلب الكربوني	نسبة الكربون	الخواص	الاستعمالات
منخفض الكربون	**0.008% إلى 0.3%**	- سهل التصنيع - متانة عالية	- مسامير البرشام - صفائح السفن
متوسط الكربون	**0.3% إلى 0.6%**	- قابلية للطرق و التشغيل - قابل للمعالجات الحرارية	- القضبان الرابطة - المحاور
عالي الكربون	**0.6 % إلى 0.8%**	- صلادة عالية - مقاوم للتآكل	- قضبان السكك الحديدية - الحبال السلكية
صلب العدة	**0.8 % إلى 1.4%**	- صلادة عالية جداً -مقاوم للتآكل الاحتكاكي	- مبارد - أقلام الخراطة

الجدول (1.5): خصائص الصلب الكربوني

1-5 التصنيف القياسي للسبائك الحديدية

يعتبر الصلب أهم سبائك الحديد والكربون وأكثرهما استخداماً، في كثير من الأحيان تضاف إليه عناصر أخرى. بالنسبة للصلب أقل من 1 % من وزن الكربون في الصلب وهو الأكثر شيوعاً، فإن معهد الحديد والصلب الأمريكي (American Iron and Steel Institute: AISI) والجمعية الأمريكية

للاختبار والمواد (American Society for Testing and Materials: ASTM) وضعوا أعداداً نمطية متعارفاً عليها للتقييس. هذه الأعداد تتكون من أربعة أرقام صحيحة ، أول رقمان من اليسار إلى اليمين يشيران إلى العناصر المضافة إلى الصلب غير الحديد والكربون والرقمان الأخيران يشيران إلى نسبة الكربون.

مثال 1

صلب **1020 AISI 1020**

- يدل الرقمان الأولان 10 على أن نوع الصلب هو صلب كربوني أي لايحتوى على عناصر سبائكية.
- يدل الرقمان الأخيران 20 على أن نسبة الكربون في هذه السبيكة تساوي تقريباً 0.20%.

مثال 2

صلب **2515 AISI 2515**

- يدل الرقمان الأولان 25 على أن الصلب سبائكي و من الجدول (1.4) يتضح لنا أنه يحتوي على النيكل بنسبة تتراوح بين 4.75% و 5.25%.
- يدل الرقمان الأخيران 15 على أن نسبة الكربون تتراوح بين 0.12% و 0.17%

وكقاعدة عامة، إذا كان أول رقمان من اليسار هما 10 فهذا يعني أنه لا يوجد أي عنصر إضافي (صلب كربوني) وأي رقمان آخران معناه وجود عنصر أو عناصر إضافية ونسبها يمكن الحصول عليها بالرجوع إلى الجدول (1.4). أما الرقمان الآخران فيشيران إلى النسبة المئوية للكربون.

6- السبائك الغير حديدية

نقصد بها كل السبائك التي لا يكون فيها عنصر الحديد هو العنصر الأساسي، وتنقسم إلى قسمين رئيسيين:

أ- سبائك ثقيلة: هي السبائك التي يكون فيها العنصر الأساسي معدن ثقيل، ومن أشهرها سبائك الرصاص وسبائك النحاس وسبائك القصدير.

ب- سبائك خفيفة: هي السبائك التي يكون فيها العنصر الأساسي معدن خفيف، ومن أشهرها سبائك الألومنيوم وسبائك المغنسيوم.

رقم السبيكة AISI	التركيب الكيميائي ٪ كربون	منجنيز	نيكل	كروم	موليدنوم	فاناديوم	رقم السبيكة SAE	النـــــوع
١٣٣٠	٠,٣٣-٠,٢٨	١,٩٠-١,٦٠	—	—	—	—	١٣٣٠	فولاذ منجنيزي
١٣٤٠	٠,٤٣-٠,٣٨	١,٩٠-١,٦٠	—	—	—	—	١٣٤٠	
٢٣١٧	٠,٢٠-٠,١٥	٠,٦٠-٠,٤٠	٣,٧٥-٣,٢٥	—	—	—	٢٣١٥	فولاذ ٣٪ نيكل
٢٣٣٠	٠,٣٣-٠,٢٨	٠,٦٠-٠,٤٠	٣,٧٥-٣,٢٥	—	—	—	٢٣٣٠	
E ٢٥١٢(١)	٠,١٤-٠,٠٩	٠,٦٠-٠,٤٥	٥,٢٥-٤,٧٥	—	—	—	—	فولاذ ٥٪ نيكل
٢٥١٥	٠,١٧-٠,١٢		٥,٢٥-٤,٧٥				٢٥١٥	
٣١١٥	٠,١٨-٠,١٣	٠,٦٠-٠,٤٠	١,٤٠-١,١٠	٠,٧٥-٠,٥٥	—	—	٣١١٥	
٣١٣٠	٠,٣٣-٠,٢٨	٠,٨٠-٠,٦٠	١,٤٠-١,١٠	٠,٧٥-٠,٥٥	—	—	٣١٣٠	فولاذ الكروم نيكل
٣١٤٠	٠,٤٣-٠,٣٨	٠,٩٠-٠,٧٠	١,٤٠-١,١٠	٠,٧٥-٠,٥٥	—	—	٣١٤٠	
E ٣٣١٠	٠,١٣-٠,٠٨	٠,٦٠-٠,٤٥	٣,٧٥-٣,٦٥	١,٧٥-١,٤٠	—	—	٣٣١٠	
٤٠٢٣	٠,٢٥-٠,٢٠	٠,٩٠-٠,٧٠	—	—	٠,٣٠-٠,٢٠	—	٤٠٢٣	
٤٠٣٧	٠,٤٠-٠,٣٥	٠,٩٠-٠,٧٠	—	—	٠,٣٠-٠,٢٠	—	٤٠٣٧	فولاذ موليبدنومي
٤٤١٩	٠,٢٣-٠,١٨	٠,٦٥-٠,٤٥	—	—	٠,٦٠-٠,٤٥	—	٤٤١٩	
٤١١٨	٠,٢٣-٠,١٨	٠,٩٠-٠,٧٠	—	٠,٦٠-٠,٤٠	٠,١٥-٠,٠٨	—	٤١٣٠	
٤١٤٠	٠,٤٣-٠,٣٨	١,٠٠-٠,٧٥	—	١,١٠-٠,٨٠	٠,٢٥-٠,١٥	—	٤١٤٠	فولاذ الكروم موليبدنوم
٤١٥٠	٠,٥٣-٠,٤٨	١,٠٠-٠,٧٥	—	١,١٠-٠,٨٠	٠,٢٥-٠,١٥	—	٤١٥٠	
٤٣٢٠	٠,٢٢-٠,١٧٠	٠,٦٠-٠,٤٥	٢,٠٠-١,٦٥	٠,٦٠-٠,٤٠	٠,٣٠-٠,٢٠	—	٤٣٢٠	فولاذ النيكل-كروم
٤٣٤٠	٠,٤٣-٠,٣٨	٠,٨٠-٠,٦٠	٢,٠٠-١,٦٥	٠,٩٠-٠,٧٠	٠,٣٠-٠,٢٠	—	٤٣٤٠	موليبدنوم
٤٧٢٠	٠,٢٢-٠,١٧	٠,٧٠-٠,٥٠	١,٢٠-٠,٩٠	٠,٥٥-٠,٣٥	٠,٢٥-٠,١٥	—	٤٧٢٠	
٤٦٢٠	٠,٢٢-٠,١٧	٠,٦٠-٠,٤٥	٢,٠٠-١,٦٥	—	٠,٣٠-٠,٢٠	—	٤٦٢٠	
٤٦٢٦	٠,٢٩-٠,٢٤	٠,٦٥-٠,٤٥	١,٠٠-٠,٧٠	—	٠,٢٥-٠,١٥	—	٤٦٢٦	فولاذ النيكل-موليبدنوم
٤٨٢٠	٠,٢٣-٠,١٨	٠,٧٠-٠,٥٠	٣,٧٥-٣,٢٥	—	٠,٣٠-٠,٢٠	—	٤٨٢٠	

الجدول (2.5): بعض سبائك الصلب السبائكي القياسية

7- سبائك النحاس والألومنيوم

1-7 سبائك الألومنيوم

يعد الألومنيوم من أكثر العناصر غزارة بعد الأكسجين والسيليكون في القشرة الأرضية، ويستعمل الألومنيوم بشكل واسع في مختلف التطبيقات الهندسية، من أهم ميزاته:

- ✓ خفة الوزن.
- ✓ جودة التوصيل الكهربائي.
- ✓ مقاومة ممتازة للتآكل.
- ✓ يمكن لحامه وتوصيله بسهولة.
- ✓ درجة انصهاره المنخفضة وتساوي 660^0C.

الألومنيوم في صورته الفلزية النقية طري ولين كما أن مقاومة الألومنيوم للشد ضعيفة، ولهذا فإنه في معظم التطبيقات والمجالات التي يستخدم فيها الألومنيوم يكون بإضافة عناصر سبائكية إليه، الغرض منها:

أ- تحسين الخواص الميكانيكية وعلى وجه الخصوص رفع مقاومة الشد والصلادة.

ب- تحسين قابلية تشغيله بالماكينات (Machineability).

ج- بعض الإضافات تهدف في بعض سبائك الألومنيوم إلى تحسين سيولته (Fluidity) وبعض الخواص الأخرى للمساعدة في عمليات الصب.

يعد النحاس واحداً من أهم العناصر السبائكية للألومنيوم وذلك للأسباب التالية:

- ذوبانية النحاس في الألومنيوم عالية نسبياً قارنة بعناصر سبائكية أخرى مثل: السليكون والمغنسيوم وغيرهما.

- يزيد النحاس المضاف مقاومة للألومنيوم زيادة كبيرة مقارنة بالزيادة الناتجة عن إضافة عناصر سبائكية أخرى.

- سبائك الألومنيوم والنحاس قابلة للمعالجة الحرارية، وبها يمكن التحكم في خواصها المختلفة. كما تحتوي كثير من سبائك الألومنيوم التجارية على عنصر النحاس، إما لكونه عنصراً سبائكياً رئيسياً ووحيدا أو يضاف مع بعض العناصر السبائكية الأخرى لتكوين سبائك ثلاثية. تتراوح نسبة النحاس المضافة لتكوين سبائك الألومنيوم ما بين 1 % و 10%، وفي أغلب السبائك يضاف النحاس مع عنصر المغنسيوم .

يستخدم الألمنيوم في صناعة الطائرات بشكل كبير حيث تستخدم السبيكة المعروفة باسم دورالومين (Duralumin) والمؤلفة من الألمنيوم والنحاس في تصنيع الهيكل الخارجي للطائرة وذلك باستخدام طريقة خلية النحل، حيث يتم تشكيل الصفائح على شكل سداسي ثم توضع فوق بعضها بشكل متراص ومنتظم ومن ثم توضع الصفيحتين العلوية والسفلية الأساسيتين، مما يعطي الهيكل خفة في الوزن مع الزيادة في الصلابة، وقد يضاف إلى هذه السبيكة عنصر السيليكون لزيادة قابلية التشكيل على أن تضاف معها كمية قليلة من الصوديوم لتعويض الانخفاض في مقاومة التآكل الناتجة عن إضافة عنصر السيليكون.

2-7 التصنيف القياسي لسبائك الألومنيوم

استقرت الجمعية الأمريكية للتقييس على طريقة محددة لترقيم وتنظيم سبائك الألومنيوم. هناك مجموعتان أساسيتان لسبائك الألومنيوم مصنفتين طبقاً لطريقة التصنيع وهما: سبائك الألومنيوم الطروقية وسبائك الألومنيوم المصبوبة. سنكتفي هنا بإعطاء فكرة عن ترقيم سبائك الألومنيوم الطروقية.

كل سبيكة لها ترقيم مكون من أربعة أرقام: يدل الرقم الأول من جهة اليسار على مجموعة السبيكة. على سبيل المثال إذا كان الرقم الأول يساوي 1 معناه أن سبيكة الألومنيوم عالية النقاوة (ألومنيوم نقي)، إذا كان الرقم الأول يساوي 2 معناه سبيكة ألومنيوم- نحاس، إذا كان يساوي 3 معناه سبيكة ألومنيوم – منجينز. الرقمان الأخيران (الثالث و الرابع) من اليسار يوضحان مقدار نقاوة السبيكة ويدلان عليه، أما الرقم الثاني فيبين أي تعديل يحدث في السبيكة الأصلية. الجدول (3.5) يوضح ترقيم سبائك الألومنيوم حسب العنصر أو العناصر المضافة.

المادة	سبائك الألومنيوم الطروقة
الألومنيوم – نقاوة 99% على الأقل	1XXX
نحاس	2XXX
منجنيز	3XXX
سيليكون	4XXX
مغنسيوم	5XXX
مغنسيوم وسيليكون	6XXX
زنك	7XXX
عناصر أخرى	8XXX
سلسلة غير مستعملة	9XXX

الجدول (3.5): ترقيم سبائك الألومنيوم الطروقة

أمثلة

سبيكة ألومنيوم 1070 : نسبة الألومنيوم تساوي 99.70%

سبيكة ألومنيوم 1050 : نسبة الألومنيوم تساوي 99.50 %

سبيكة ألومنيوم 3004: نسبة المنجينز تتراوح بين 1% إلى 1.5%

3-7 سبائك النحاس

النحاس من أكثر الفلزات غير الحديدية استخداماً حيث أنه يحتل المرتبة الثانية بعد الألومنيوم، وذلك راجع لسببين رئيسيين:

- معامل التوصيل الكهربائي والحراري عالي جداً عند النحاس، حيث يأتي في المرتبة الثانية بعد معدن الفضة.
- يتميز النحاس بمقاومة جيدة للتآكل والأكسدة.

يكون النحاس سبائك مختلفة مع العديد من العناصر الفلزية، وهذه السبائك لها خصائص صناعية جيدة، من أشهرها:

أ- **سبائك النحاس الأصفر** (Brasses): هي سبائك النحاس والزنك أساسا. وسبائك النحاس الأصفر الشائعة لا يتجاوز حدود الزنك فيها أكثر من 50% وقد تضاف إليها بعض العناصر الأخرى بنسب ضئيلة لتعديل بعض من خواصها.

من خصائص سبائك النحاس الأصفر مقاومته الجيدة للإجهادات التي تفوق النحاس النقي ولو أن ذلك يكون على حساب جودة التوصيل الكهربائي إلى حد ما. ويستخدم النوع المحتوى على15% من الزنك في صناعة الحلي الرخيصة لتشابه لونه بلون الذهب ولمقاومته للصدأ والماء، ويستخدم في صناعة مواسير المبادلات والمكثفات الحرارية.

ب- **سبائك البرونز** (Bronzes): هي سبائك غنية بالنحاس مع واحد من الفلزات،القصدير، النيكل، الألمونيوم، السيلكون.

- **البرونز القصديري**: من أشهر سبائك النحاس، وتحتوي هذه السبيكة على القصدير بنسبة تتراوح بين 10%إلى 18%. تصنع منه العملات البرونزية وكذلك معدن المدافع وهو عبارة عن سبيكة نحاس تحتوي أساساً على 10% قصدير و 2% زنك، وكان قديماً يستخدم في صناعة الأسلحة الحربية وقد حل الصلب محله فيما بعد ويقتصر استخدامه الآن على المسبوكات التي تتطلب مقاومة عالية للإجهادات والصدأ.

- **البرونز الألوميني**: تصل نسبة الألومنيوم المضاف إلى النحاس في هذه السبيكة إلى حوالي 12% ومن خصائصها الصلادة العالية ومقاومة جيدة للاحتكاك. تستخدم في صناعة التروس والأجزاء المنزلقة في الآلات.

- **برونز النيكل**: يذوب النيكل في النحاس ذوباناً تاماً بجميع النسب ولذلك فهذه السبائك تستخدم على نطاق واسع وبنسب مختلفة من النيكل. هذه الأنواع يضرها وجود آثار من الأوكسجين أو الكبريت و الكربون لأنها تزيد من قصافة السبيكة، بينما قد يضاف المنجنيز كعامل مختزل للأكسجين كما يضاف الحديد بنسب تتراوح بين 1% و 2% لتحسين مقاومة الصدأ خاصة في الأجزاء المعرضة لمياه البحر. تصنع منها مواسير مكثفات السفن.

4-7 التصنيف القياسي لسبائك النحاس

كما في سبائك الألومنيوم، تنقسم سبائك النحاس إلى مجموعتين رئيسيتين، تبعاً لطريقة التصنيع و هما: سبائك النحاس الطروقية وسبائك النحاس المصبوبة.

طريقة تصنيف وترقيم سبائك النحاس تعتمد على النظام الذي وضعته جمعية تطوير النحاس الأمريكية. في هذا النظام، كل سبيكة تعرف بثلاثة أرقام صحيحة يسبقها الحرف C.

خصصت الأرقام من C100 إلى C799 لسبائك النحاس الطروقية، أما التالية من C800 إلى C999 فقد خصصت لسبائك النحاس المصبوبة.

في الصنف الأول مثلاً خصص الرقم 200 لسبائك النحاس والزنك، وخصص الرقم 300 لسبائك النحاس- الزنك - الرصاص.

أسئلة تحريرية

السؤال الأول

ضع علامة (نعم) أمام الإجابة الصحيحة و علامة (لا) أمام الإجابة الخاطئة:

1- تتكون السبائك من عناصر معدنية فقط ( )
2- مخططات الأطوار المتزنة للسبائك تعطينا العلاقة بين درجات الحرارة والزمن ( )
3- التجمد المتجانس للسبائك معناه وجود أكثر من طور فيها ( )
4- درجة التجمد للفلز النقي ثابتة ( )
5- لا يذوب النيكل في النحاس في الحالة الجامدة ( )
6- يذوب القصدير في الرصاص ذوباناً تاماً في الحالة السائلة ( )
7- أقصى نسبة للكربون يمكن إذابتها في الحديد تساوي 10 % ( )
8- من مزايا السبائك الحديدية مقاومتها للتآكل ( )
9- التركيب اليوتيكتويدي معناه تحول طور سائل إلى طورين كلاهما صلب ( )
10- نسبة الكربون في حديد الزهر أكبر من 2.11% ( )

السؤال الثاني

اختر الإجابة الصحيحة لكل مايلي:

1- الطور هو:
أ- جزء متجانس من المادة له خواصه المميزة
ب- جزء من المادة موجود في مكان بين الذرات
ج- جزء متجانس من المادة يذوب فيها جزئياً

2- يطلق على المادة الجامدة متجانسة الخواص اسم :

أ- الخامات

ب- المركبات

ج- المحلول الجامد

3- لرسم مخططات الاتزان الحراري لسبيكة يلزم:

أ- تسخين السبيكة وتبريدها بمعدلات مختلفة

ب- معرفة منحنيات التبريد للسبيكة عند تركيبات مختلفة

ج- وضع عناصر محفزة مع السبيكة

4- الفريت هو:

أ- أحد الأطوار في مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون

ب- الحديد النقي

ج- هو الصلب عالي الكربون

5- يحتوي البرليت على:

أ- طور واحد

ب- طورين متجمدين

ج- طورين أحدهما جامد والثاني سائل

6- الاستينيت هو:

أ- طور في مخطط الحديد والكربون تركيبه البلوري FCC

ب- الصلب الذي يحتوي على النيكل

ج- طور في مخطط الحديد والكربون تركيبه البلوري BCC

7- صلب AISI 1040 معناه :

أ- صلب يحتوي على نسبة كربون 0.4 % ولا شيء آخر

ب- صلب يحتوي على نسبة كربون 0.1 % ولا شيء آخر

ج- صلب يحتوي على نسبة كربون 3% ولا شيء آخر

8- من مزايا السبائك الحديدية:

أ- ثقل وزنها

ب- يتم تصنيعها والتعامل معها بسهوله

ج- تتعرض للتآكل بسرعة

9- سبائك النحاس الأصفر عبارة عن:

أ- النحاس النقي

ب- سبائك النحاس والزنك

ج- سبائك النحاس والألمونيوم

10- تتراوح نسبة الكربون في الصلب من:

أ- 0.8 % إلى 1.4 %

ب- 0.3 % إلى 0.6 %

ج- 0.15 % إلى 0.6 %

11- من ميزات الألومنيوم:

أ- صعوبة التشكيل

ب- عازل للحرارة والكهرباء

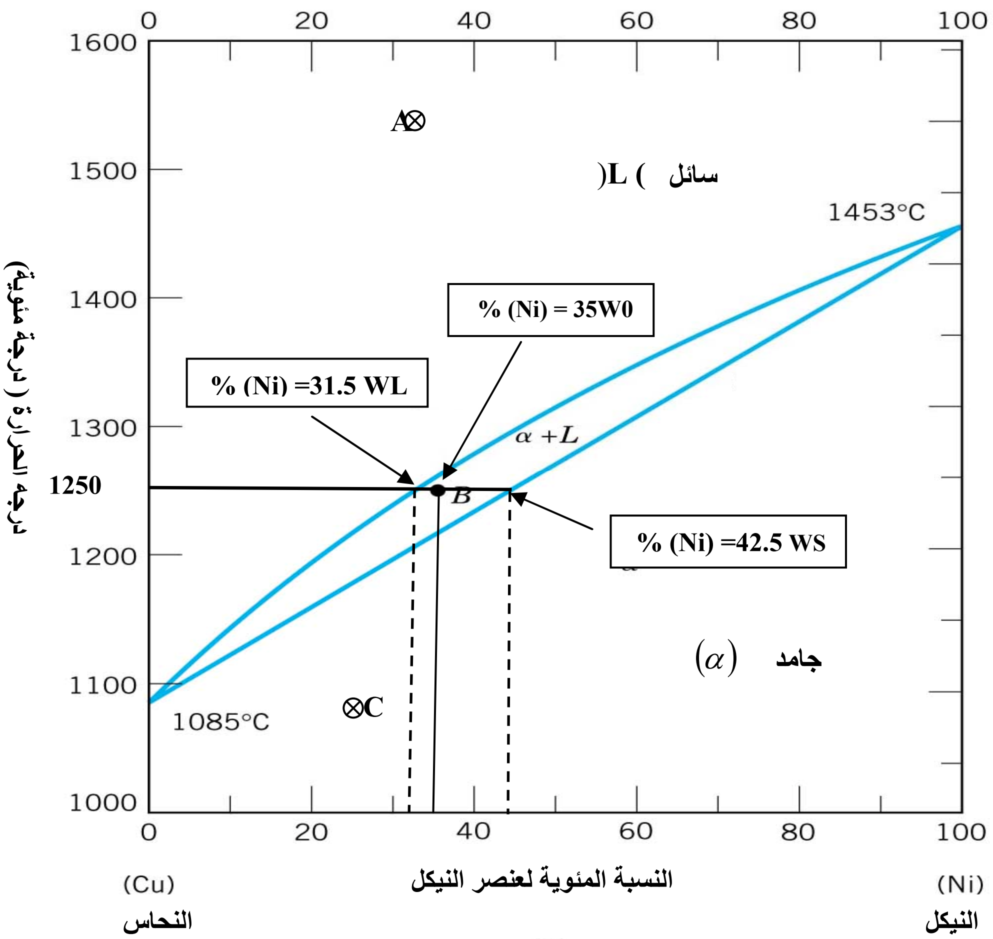
ج- مقاوم للتآكل

السؤال الثالث

الشكل (1) يمثل مخطط الاتزان الحراري لسبيكة النحاس والنيكل.

1- ماهي درجة حرارة انصهار معدن النحاس؟

2- ماهي درجة حرارة انصهار معدن النيكل؟



الشكل (1): مخطط الاتزان الحراري لمعدن النحاس و معدن النيكل

3- ماهي نسبة الطور السائل ونسبة الطور الجامد عند النقطة A؟

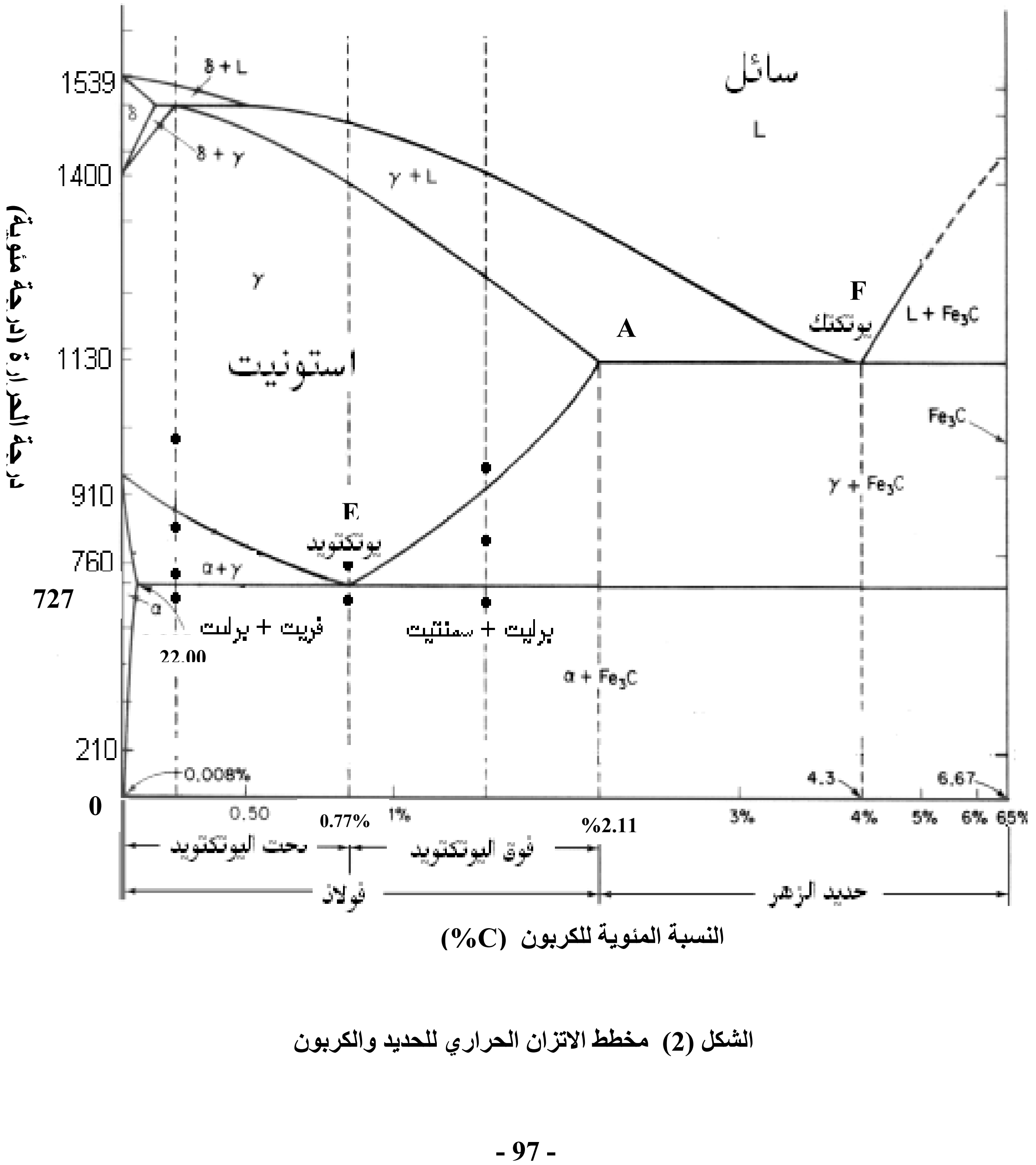
4- ماهي نسبة الطور السائل ونسبة الطور الجامد عند النقطة C؟

5- باستعمال قاعدة ليفر، احسب نسبة الطور السائل ونسبة الطور الجامد عند النقطة B.

السؤال الرابع

الشكل (2) يمثل مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون

1- ما هي أعلى نسبة كربون يمكن إذابتها في الحديد؟
2- ما هي نسبة الكربون ونسبة الحديد عند النقطة A؟
3- ما هي الأطوار الموجودة عند نسبة الكربون 3% و درجة الحرارة 1200^0C؟
4- ما هي نسبة الكربون عند التركيب اليوتيكتكي (Eutectic)، وماهي خصائص هذا التركيب؟



الشكل (2) مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون